

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 2 4 日
Date of Application:

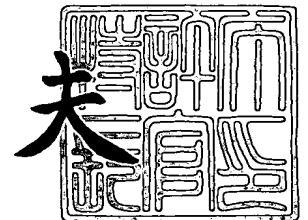
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 7 2 4 7 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 7 2 4 7 9]

出 願 人 株式会社ニコン
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 01-01505

【提出日】 平成14年12月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 15/12
G02B 5/18

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 鈴木 憲三郎

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100092897

【弁理士】

【氏名又は名称】 大西 正悟

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041807

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フロントテレコンバーターレンズ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 全体で 3 枚以上のレンズを有し、撮影レンズの物体側に装着して用いられるアフォーカル倍率が 1.4 よりも大きいフロントテレコンバーターレンズであって、

物体側から順に正の屈折力を有する第 1 レンズ群と負の屈折力を有する第 2 レンズ群とを備えてアフォーカル光学系を構成し、

前記第 1 レンズ群及び前記第 2 レンズ群の少なくとも一方には回折光学面が設けられており、

前記第 1 レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面の有効径を ϕF とし、前記第 2 レンズ群の最も像側に位置するレンズ面の有効径を ϕR としたときに、

$$1.2 < \phi F / \phi R < 10$$

の条件を満足していることを特徴とするフロントテレコンバーターレンズ。

【請求項 2】 最大像高に至る主光線が前記回折光学面に入射する角度が 15 度以下であることを特徴とする請求項 1 記載のフロントテレコンバーターレンズ。

【請求項 3】 前記第 1 レンズ群が両凸レンズ及び少なくとも一枚の負レンズを有するとともに、前記第 2 レンズ群が最も像側に両凹レンズを有し、前記第 1 レンズ群は前記回折光学面を有しており、前記回折光学面を有するレンズ成分の焦点距離を $f d$ としたときに、

$$0.03 < \phi R / f d < 1.0$$

の条件を満足していることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のフロントテレコンバーターレンズ。

【請求項 4】 前記第 1 レンズ群が前記回折光学面を有しており、前記第 1 レンズ群の焦点距離を $f F$ とし、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との軸上間隔を $D F R$ としたときに、

$$1.0 < f F / D F R < 10.0$$

の条件を満足していることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のフロン

トテレコンバーターレンズ。

【請求項 5】 前記回折光学面を有するレンズ成分の焦点距離を f_d とし、前記第 1 レンズ群の最も物体側の面から前記第 2 レンズ群の最も像側の面までの距離を L としたときに、

$$1.0 < f_d / L < 10.0$$

の条件を満足していることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載のフロントテレコンバーターレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、撮影レンズの物体側に装着してレンズ系全体の焦点距離を長い方に変化させるフロントテレコンバーターレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、撮影レンズの物体側に装着してレンズ系全体の焦点距離を長い方に変化させるフロントテレコンバーターレンズが知られており、スチルカメラやビデオカメラ等に用いられている。このようなフロントテレコンバーターレンズは多くの場合、物体側から順に正の屈折力を有する第 1 レンズ群と負の屈折力を有する第 2 レンズ群とを配置したうえで、これら両レンズ群焦点位置をほぼ一致させ、物体側から入射した平行光束が同じく平行光束として出射するアフォーカル光学系として構成する。このような従来のフロントテレコンバーターレンズの一例が下記の特許文献に示されており、物体側から順に正の屈折力を有する 1 枚の正レンズ、負の屈折力を有する 1 枚の負レンズと配置された計 2 枚のレンズからなる、比較的単純な構成のものが開示されている。

【0003】

【特許文献 1】

特開昭 63-210810 号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記公報に開示された従来のフロントテレコンバーターレンズでは、レンズ枚数が少なく単純な構成であるため小型軽量化が図れるものの、収差がやや大きく、結像性能が不十分であるという問題を有していた。

【0005】

本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、コンパクトな構成でありながら収差発生が少なく、優れた結像性能を有したフロントテレコンバーターレンズを提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るフロントテレコンバーターレンズは、全体で3枚以上のレンズを有し、撮影レンズの物体側に装着して用いられるアフォーカル倍率が1.4よりも大きいフロントテレコンバーターレンズであって、物体側から順に正の屈折力を有する正レンズと負の屈折力を有する第2レンズ群とを備えてアフォーカル光学系を構成し、第1レンズ群及び第2レンズ群の少なくとも一方には回折光学面が設けられており、第1レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面の有効径を ϕF とし、第2レンズ群の最も像側に位置するレンズ面の有効径を ϕR としたときに、 $1.2 < \phi F / \phi R < 1.0$ の条件を満足している。

【0007】

また、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズにおいては、最大像高に至る主光線が回折光学面に入射する角度が15度以下であることが好ましい。また、第1レンズ群が両凸レンズ及び少なくとも一枚の負レンズを有するとともに、第2レンズ群が最も像側に両凹レンズを有し、第1レンズ群は回折光学面を有しており、回折光学面を有するレンズ成分の焦点距離を f_d としたときに、 $0.03 < \phi R / f_d < 1.0$ の条件を満足していることが好ましい。

【0008】

また、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズにおいては、第1レンズ群が回折光学面を有しており、第1レンズ群の焦点距離を f_F とし、第1レンズ群と第2レンズ群との軸上間隔を D_{FR} としたときに、 $1.0 < f_F / D_{FR} < 10.0$ の条件を満足していることが好ましい。更に、回折光学面を有するレン

ズ成分の焦点距離を f_d とし、第1レンズ群の最も物体側の面から第2レンズ群の最も像側の面までの距離を L としたときに、 $1.0 < f_d/L < 10.0$ の条件を満足していることが好ましい。そして、良好な結像性能を得るために、フロントテレコンバーターレンズで3枚以上のレンズを有することが好ましい。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズの実施形態について説明する。フロントテレコンバーターレンズは任意の結像レンズ系の物体側に装着されて用いられるフロントコンバーターレンズの一種であり、先ず、このフロントコンバーターレンズについて光学的に説明する。フロントコンバーターレンズとは、上記のように任意の結像レンズ系（例えば撮影レンズ）の物体側に装着されて、物体側から入射した平行光束を像側へ平行光束として射出する光学系（アフォーカル光学系）をいう。この場合、フロントコンバーターレンズのアフォーカル倍率 M は、軸上近軸光線の傾角の大きさに関し、入射側に対する射出側の比（ $|\theta_{out}/\theta_{in}|$ ： θ_{out} は射出側の軸上近軸光線の傾角であり、 θ_{in} は入射側の軸上近軸光線の傾角である）を示す。フロントテレコンバーターレンズとはこのようなフロントコンバーターレンズのうち、結像レンズ系の物体側に取り付けられてレンズ系全体の焦点距離を長い方に変化させる光学系をいい、上記アフォーカル倍率 M を 1.0 よりも大きくする（すなわち望遠化の機能を有する）ものである（但し、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズでは、後述するように、アフォーカル倍率が 1.4 よりも大きいものを対象としている）。

【0010】

このようなフロントテレコンバーターレンズを構成する光学系としては、ケプラー型とガリレオ型とが知られている。このうちガリレオ型の光学系では、物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群と配置するとともに、第1レンズ群の像側焦点位置と第2レンズ群の像側焦点（虚焦点）位置とを一致させた構成となっている。その結果、物体側から平行に入射した光線束はフロントテレコンバーターレンズを通過した後、光束径が縮小された状態で像側へ平行に射出される。したがって、テレコンバーターレンズはア

フォーカルコンバーターと呼ばれ、このガリレオ型のフロントテレコンバーターレンズにおけるアフォーカル倍率 M は、第1レンズ群の焦点距離を f_F とし、第2レンズ群の焦点距離を f_R とすると、下の式(a)で表される。

【0011】

【数1】

$$M = f_F / |f_R| \quad \cdots \quad (a)$$

【0012】

但し、第1レンズ群の像側焦点位置と第2レンズ群の物体側焦点位置とを一致させていないときでも、軸上近軸光線の傾角の大きさに関し、入射側に対する射出側の比($|\theta_{out}/\theta_{in}|$)で $M = |\theta_{out}/\theta_{in}|$ と定義する。

【0013】

なお、この M の値は、フロントテレコンバーターレンズのレンズデータの部分のみを近軸追跡計算することによって求められる。すなわち、結像レンズ系によらず、フロントテレコンバーターレンズのアフォーカル倍率 M はフロントテレコンバーターレンズ単体の構成パラメータによって定まる。但し、実用的には、第1レンズ群の像側焦点位置と第2レンズ群の物体側焦点位置とを厳密に一致させる必要はなく、第1レンズ群及び第2レンズ群の少なくとも一方を光軸上に移動させてピント合わせ(焦点合わせ)をするか、後方の結像レンズ系(撮影レンズ)でピント合わせをすることができる範囲内において双方の焦点位置を十分に近接させておけばよい。このように双方の焦点位置が厳密に一致していない場合でも、アフォーカル倍率 M とは、軸上近軸光線の傾角の大きさに関し、入射側に対する射出側の比と考えるものとする。なお、このときのアフォーカル倍率 M は上記式(a)からずれるが、そのずれ量はわずかである。

【0014】

なお、これら双方の焦点位置を厳密に一致させた場合、フロントテレコンバーターレンズと、その像側に位置する任意の結像レンズ系(焦点距離を f とする)の合成焦点距離は $M \times f$ で与えられる。ここで、双方の焦点位置が一致していない場合は $M \times f$ から若干外れてしまうが、合成した全体の光学系(フロントテレコンバーターレンズ+結像レンズ系)の焦点距離は、近軸光線追跡計算をするこ

とによって求めることが可能である。

【0015】

フロントテレコンバーターレンズには、正の屈折力を有するレンズ群を2つ組み合わせるケプラー型のものもあり得るが、フロントテレコンバーターレンズの全長を短くするには、上記ガリレオ型のものとするのが望ましい。また、ガリレオ型のフロントテレコンバーターレンズでは、装着した状態においても像の姿勢が不変であるため、カメラなどの撮影レンズに装着するのに好都合である。但し、フロントテレコンバーターレンズのような付加的な光学系では、それ自体において収差を十分に除去しておかないと、結像レンズ系（撮影レンズ）と組み合わせた状態における合成光学系（フロントテレコンバーターレンズ+撮影レンズ）での収差が劣化してしまい、その結像性能が低下してしまうので注意が必要である。本発明は、このようなガリレオ型のフロントテレコンバーターレンズにおいて回折光学素子を用いることにより、小型であるにも拘わらず、収差発生の少ない、優れた結像性能を得る手法を見出したものである。

【0016】

次に、回折光学素子について説明する。一般に、光線を曲げる方法としては屈折と反射が知られているが、第3番目の方法として回折がある。従来知られた回折格子やフレネルゾーンプレートはこのような光の回折現象を利用した光学素子であり、回折光学素子と呼ばれる。このような回折光学素子は屈折や反射とは異なる振る舞いを示すことが知られており、その振る舞いの具体的な例としては、負の分散値を有することが挙げられる。この性質は色収差補正に極めて有効であり、高価な特殊低分散ガラスでしか達し得ない（通常のガラスでは達し得ない）良好な色収差補正が可能となる。

【0017】

本発明においては、ガラスやプラスチック等の光学部材の表面に回折光学面、すなわち回折格子やフレネルゾーンプレートのように光線を曲げて回折現象を生ずる面を形成して良好な光学性能を得ている。図9はフレネルゾーンプレートの一例を示すものであり、図9（A）は光軸方向から見たフレネルゾーンプレート1の正面図、図9（B）は図9（A）における矢視B-Bから見たフレネルゾー

ンプレート 1 の断面図である。この図 9 に示すフレネルゾーンプレート 1 は回折光学面を構成する回折格子溝の 1 ピッチが連続した曲線であるキノフォーム型であるが、その他、周期構造が階段状のものや三角形状等のものとすることもできる。なお、このような回折光学素子については、「『回折光学素子入門』応用物理学会日本光学会監修平成 9 年第 1 版発行」に詳しい。

【0018】

続いて、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズの詳細について説明する。本発明に係るフロントテレコンバーターレンズは、物体側から順に正の屈折力を有する第 1 レンズ群と負の屈折力を有する第 2 レンズ群とを備えてガリレオ型のアフォーカル光学系を構成しており、これら第 1 レンズ群及び第 2 レンズ群の少なくとも一方に回折光学面が設けられている（回折光学面が設けられた回折光学素子を有している）。そして、第 1 レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面の有効径を ϕF とし、第 2 レンズ群の最も像側に位置するレンズ面の有効径を ϕR としたときに下の条件式（1）が満足されるように、かつ、1.4 より大きいアフォーカル倍率が得られるように、レンズ等各部材の諸元が設定されている。

【0019】

【数 2】

$$1. \quad 2 < \phi F / \phi R < 10 \quad \cdots \quad (1)$$

【0020】

この条件式（1）は、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズの前群である第 1 レンズ群と後群である第 2 レンズ群の有効径の適切な比率を規定するものであり、十分に良好な画質を得るために必要な光束を選択的に通すための重要な条件式である。

【0021】

ここで、 $\phi F / \phi R$ の値が上記条件式（1）の上限値を上回ると、第 1 レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面の有効径 ϕF が大きくなり過ぎて、すなわち第 1 レンズ群を通る光線高さが大きくなり過ぎて、収差発生が大きくなってしまいうので不都合である。加えて、迷光が光学系に入り易くなり、ゴーストやフレア

が発生し易くなるという不都合も生じる。更に、前玉径（最も物体側に配置されたレンズの径）が増大して、光学系の大型化を招くだけでなく、フロントテレコンバーターレンズ全体の重量が増大してしまうという不都合も生じる。

【0022】

一方、 $\phi F / \phi R$ の値が条件式（1）の下限値を下回ると、第1レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面の有効径 ϕF が小さくなり過ぎて、周辺光量を十分に得ることができなくなるので不都合である。なお、本発明の効果を更に十分に発揮するには、上記条件式（1）の上限値を4.0、更には2.5とすることが好ましい。また、下限値については1.7とすることが好ましい。

【0023】

このように本発明に係るフロントテレコンバーターレンズでは、第1レンズ群及び第2レンズ群の少なくとも一方に回折光学面が設けられるとともに、上記条件式（1）を満足することにより、少ない枚数のレンズ数で諸収差を良好に補正することができるようになっている。このため本発明に係るフロントテレコンバーターレンズによれば、コンパクトな構成でありながら優れた結像性能を得ることができる。そして、良好な結像性能を得るために、フロントテレコンバーターレンズ全体で3枚以上のレンズを有することが好ましい。このとき第1レンズ群を2枚とすると、コマ収差の補正に有効であり、第2レンズ群を2枚とすると、収差の補正に有効である。

【0024】

ここで、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズにおいては、回折光学面を有する一般の光学系の場合と同様、回折光学面に入射する光線の角度は、できるだけ小さいことが好ましい。これは、上記入射角度が大きくなると回折光学面によるフレアが発生し易くなり、画質を損ねてしまうからである。したがって、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズでは、そのフレアが及ぼす影響を小さくして良好な画質を得るため、最大像高に至る主光線（絞りの中心を通る光線）が回折光学面に入射する角度（主光線の光軸が回折光学面の法線となす角度）が15度以下、より好ましくは10度以下となるようにすること、換言すると、回折光学面は、入射する光の角度が15度（好ましくは10度）以下となる

レンズ面に設けられることが望ましい。このような条件が満たされるのであれば、回折光学面は本フロントテレコンバーターレンズ中のどこに配置してもよいが、本フロントテレコンバーターレンズを構成するレンズの面のうち、物体側に凸となる面のいずれかに形成するようにすれば、上記条件を満足させることが容易になる。

【0025】

また、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズでは、第1レンズ群が両凸レンズ及び少なくとも一枚の負レンズを有するとともに、第2レンズ群が最も像側に両凹レンズを有しており、第1レンズ群が回折光学面を有しているときに、下の条件式(2)を満足していることが好ましい。

【0026】

【数3】

$$0.03 < \phi R / f d < 1.0 \quad \cdots (2)$$

【0027】

ここで、 ϕR は前述のように第2レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面の有効径であり、 $f d$ は回折光学面を有するレンズ（貼り合わせレンズの場合は、その貼り合わせた状態のレンズ）の焦点距離である。上記条件式(2)は、第2レンズ群の最も物体側に位置するレンズ面の有効径 ϕR と上記焦点距離 $f d$ との比率について適切な範囲を規定するものである。 $\phi R / f d$ の値が条件式(2)の上限値を上回ると、回折光学面を有するレンズの焦点距離 $f d$ が小さくなり過ぎて収差バランスを失い易くなり、特に像面湾曲の補正が困難となるので好ましくない。また、第1レンズ群を鏡筒に組み付ける際の偏心感度が大きくなり過ぎて、迷光が光学系に入り易くなり、ゴーストやフレアが発生し易くなるという不都合が生じる。更に、本発明の効果を十分に発揮させるには、上記条件式(2)の上限値を0.4とすることが好ましい。また、下限値については0.1とすることが好ましい。

【0028】

また、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズでは、第1レンズ群が回折光学面を有しているときには、第1レンズ群の焦点距離 $f F$ （前述）と第1レ

レンズ群と第2レンズ群との軸上間隔DFRとの比 fF/DFR は、下の条件式(3)を満足していることが好ましい。

【0029】

【数4】

$$1. \quad 0 < fF/DFR < 10.0 \quad \dots \quad (3)$$

【0030】

ここで、 fF/DFR の値が上記条件式(3)の上限値を上回ると、焦点距離 fF が大きくなり過ぎて、その結果フロントテレコンバーターレンズの全長が大きくなるだけでなく、球面収差及び軸上色収差が大きくなるので好ましくない。また、前玉径が増大する傾向となり、光学系の大型化を招くだけでなく、重量が増大するので好ましくない。逆に、 fF/DFR の値が上記条件式(3)の下限値を下回ると、第1レンズ群の焦点距離 fF が小さくなり過ぎて、像面湾曲が大きくなるだけでなく、主光線よりも下側の光線のコマ収差が大きくなり、画質が損なわれ易くなるので好ましくない。また、第1レンズ群と第2レンズ群との軸上間隔DFRが大きくなる傾向となり、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズの全長が大きくなるので好ましくない。なお、本発明の効果を更に十分に発揮させるには、条件式(3)の上限値を5.0とすることが好ましい。また、下限値については2.0とすることが好ましい。

【0031】

また、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズにおいては、前述のように、回折光学面を有するレンズの焦点距離を fd とし、第1レンズ群の最も物体側の面から第2レンズ群の最も像側の面までの距離を L としたときに、下の条件式(4)を満足していることが好ましい。

【0032】

【数5】

$$1. \quad 0 < fd/L < 10.0 \quad \dots \quad (4)$$

【0033】

条件式(4)は、回折光学面を有するレンズの焦点距離 fd と本フロントテレコンバーターレンズ全長 L の適正な比を規定したものである。 fd/L の値が条

件式(4)の上限を上回ると、回折光学面を有するレンズの焦点距離 f_d が長くなり過ぎて収差バランスを失い易くなる(特に像面湾曲の補正が困難となる)。そして、レンズ面の曲率半径の大きさが小さくなって製造が困難となる不都合が生じる。逆に、 f_d/L の値が条件式(4)の下限を下回ると、回折光学面を有するレンズの焦点距離 f_d が小さくなり過ぎ、この結果、フロントテレコンバーターレンズの全長 L が長くなり過ぎて小型化が困難となるばかりか、色収差補正の能力が不足してしまい、十分な色収差補正が困難となる。なお、本発明の効果をより十分に発揮させるには、条件式(4)の上限値を 3.5 とすることが好ましい。また、下限値については 2.0 とすることが好ましい。

【0034】

また、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズにおいては、以上の構成に加え、第2レンズ群を構成する両凹レンズの d 線に対する屈折率 n_d が下の条件式(5)を満足していることが好ましい。

【0035】

【数6】

$$1.8 < n_d \quad \cdots \quad (5)$$

【0036】

上記屈折率 n_d の値が条件式(5)の下限値を下回ると、光学系全体のベッツバル和が負側に変位し易くなる。その結果、像面が正側に大きく曲がってしまい、画面周辺での結像性能を悪化させてしまうので好ましくない。

【0037】

実際に本発明のフロントテレコンバーターレンズを構成する場合、良好な結像性能を得るためには、第1レンズ群中に両凸レンズと凹レンズとを有することが好ましく、更に、十分な色消しのためには、第1レンズ群が低分散ガラスから形成された少なくとも1枚の正レンズを有することが好ましい。より具体的には、第1レンズ群が、いわゆるアッベ数が 6.5 以上の光学ガラスから形成された正レンズを少なくとも1枚含むことが望ましい。この構成により、軸上色収差だけでなく倍率色収差も十分に補正されるので、良好な結像性能を得ることができる。なお、本発明の効果を更に十分に発揮するには、第1レンズ群が、アッベ数が 8

0以上の光学ガラスから形成された正レンズを少なくとも1枚含むことが好ましい。また、凹レンズも、より良好な性能を達成するためには重要で、そのアッペ数は35以下であることが望ましい。

【0038】

一方、第2レンズ群は、物体側から順に、正メニスカスレンズと両凹レンズとの貼り合わせレンズで構成されていることが好ましい。換言すると、第2レンズ群は、2枚のレンズからなる接合負レンズであることが好ましい。更に、第2レンズ群が像側に凸面を向けた正レンズを有することが、諸収差のうち特に球面収差の補正には効果的であり、これにより良好な結像性能を得ることができる。これは、アフォーカル倍率Mを高めていくと、諸収差のうち軸上色収差の発生量が特に大きくなってしまいが、上述の構成により、良好な色収差バランスを達成することができるからである。

【0039】

ところで、上述の回折光学面をレンズ上に形成する場合、製造を容易にする観点から、フレネルゾーンプレートのように、その回折光学面を光軸に対して回転対称な格子構造にすることが好ましい。このような回転対称な格子構造は、通常の非球面レンズを製作するのと同じく、精研削でも、ガラスモールドでも形成可能である。また、レンズ表面に薄い樹脂層を形成し、この樹脂層に格子構造を設けるようにしてもよい。また、回折格子は単純な単層構造に限らず、複数の格子構造を重ねて複層構造にしてもよい。このように複層構造の回折格子によれば、回折効率の波長特性や画角特性をより一層向上させることができる。

【0040】

また、回折光学面は、アッペ数が65以下の光学ガラスレンズのレンズ面上に形成することが好ましい。これは、回折格子の形成が容易で、しかも良好な光学性能が得られるからである。

【0041】

ところで、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズは、任意の結像レンズ系（ここでは撮影レンズとする）の物体側に装着して用いられる。このように本発明に係るフロントテレコンバーターレンズを撮影レンズの物体側に装着する

と、レンズ系全体の最短撮影距離は元の撮影レンズの最短撮影距離よりも伸びるのであるが、第1レンズ群及び第2レンズ群の少なくとも一方が光軸に沿って移動する機構を設けておくことにより、近距離フォーカシングが可能となるので、焦点合わせについては特に問題はない。また、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズにおいては、第2レンズ群を光軸に沿って移動可能な可動レンズ群として構成することにより、比較的簡素な構造を採ることができる。また、このような構成にすれば、全長を変化させることなく合焦（フォーカシング）を行う内部合焦方式（内焦方式）を採用することも可能となる。

【0042】

更に、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズは、撮影レンズのブレを検出するブレ検出手段と、ブレ検出手段からの信号とカメラの作動のシーケンス制御を行う制御手段とに基づいて適正なブレ補正量を定めるブレ制御装置と、ブレ制御装置により定められたブレ補正量に基づいて防振レンズ群を移動させる駆動機構とを組み合わせ、防振レンズシステムを構成することもできる。この場合、上記防振レンズ群は比較的小型である第2レンズ群或いは第2レンズ群の一部とし、これを光軸と直交する方向にシフトするように構成することが好ましい。また、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズを構成する各レンズに加えて、非球面レンズ、屈折率分布型レンズ等を用いることにより、更に良好な光学性能が得られることはいうまでもない。

【0043】

【実施例】

以下、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズの具体的な実施例について説明する。下に示す2つの実施例では、図1及び図5に示すように、本発明のフロントテレコンバーターレンズTCを、物体側に位置して正の屈折力を有する第1レンズ群FLと、像側に位置して負の屈折力を有する第2レンズ群RLとから構成し（アフォーカル倍率は1.4より大きくなるようにする）、結像レンズ系としての撮影レンズMLを第2レンズ群RLの像側に配置した。また、回折光学面を有するレンズ素子（回折光学素子）は両実施例においては第1レンズ群FL中に配置した。

【0044】

各実施例において、回折光学面の位相差は、通常の屈折率と後述する非球面式（６），（７）とを用いて行う超高屈折率法により計算した。超高屈折率法は、非球面形状を表す式と回折光学面の格子ピッチとの間の一定の等価関係を利用するものであり、本実施例において回折光学面は超高屈折率法のデータとして、すなわち、後述する非球面式（６），（７）及びその係数により示している。なお、本実施例では収差特性の算出対象としてｄ線、ｇ線、Ｃ線及びＦ線を選んだ。本実施例において用いたｄ線、ｇ線、Ｃ線及びＦ線の波長と、各スペクトル線に対して設定した具体的な屈折率の値を下の表１に示す。

【0045】

【表１】

	波長	屈折率
ｄ線	587.562nm	10001.0000
ｇ線	435.835	7418.6853
Ｃ線	656.273	11170.4255
Ｆ線	486.133	8274.7311

【0046】

各実施例において非球面は、光軸に垂直な方向の高さ（入射高）を y とし、非球面の頂点における接平面から高さ y における非球面上の位置までの光軸に沿った距離（非球面量）を $Z(y)$ とし、基準球面の曲率半径を r 、近軸曲率半径を R とし、円錐係数を κ とし、２次の非球面係数を C_2 、４次の非球面係数を C_4 、６次の非球面係数を C_6 、８次の非球面係数を C_8 、１０次の非球面係数を C_{10} としたとき、下の式（６），（７）で表されるものとした。

【0047】

【数 7】

$$Z(y) = (y^2/r) / (1 + (1 - \kappa (y^2/r^2))^{1/2}) + C_2 y^2 + C_4 y^4 + C_6 y^6 + C_8 y^8 + C_{10} y^{10} \quad \dots (6)$$

$$R = 1 / ((1/r) + 2 C_2) \quad \dots (7)$$

【0048】

なお、本実施例において用いた超高屈折率法については、前述の「『回折光学素子入門』応用物理学会日本光学会監修平成9年第1版発行」に詳しい。

【0049】

(第1実施例)

図1に、本発明の第1実施例に係るフロントテレコンバーターレンズと撮影レンズとからなる合成光学系のレンズ構成を示す。また、図2はこの合成光学系におけるフロントテレコンバーターレンズ単体の構成を示し、図3は撮影レンズ単体の構成を示す。本第1実施例に用いた光学系における撮影レンズMLは図1及び図3に示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1（負レンズ）と両凸レンズL2（正レンズ）との貼り合わせからなる接合正レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3（正レンズ）、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4（負レンズ）、両凹レンズL5（負レンズ）と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL6（正レンズ）との貼り合わせからなる接合負レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL7（正レンズ）、開口絞りP8、両凸レンズL9（正レンズ）、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL10（正レンズ）、両凹レンズL11（負レンズ）、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12（負レンズ）と両凸レンズL13（正レンズ）の貼り合わせからなる接合正レンズ、両凸レンズL14（正レンズ）と両凹レンズL15（負レンズ）との貼り合わせからなる接合正レンズ、及びそれぞれ平行平板ガラスからなる2枚のフィルターF16、F17を配置して構成した。

【0050】

また、撮影レンズMLの物体側に取り付けた本発明のフロントテレコンバーターレンズTCは、図1及び図2に示すように、正の屈折力を有する第1レンズ群FLと負の屈曲力を有する第2レンズ群RLとからなり、第1レンズ群FLは物体側から順に、像側の面に回折光学面Gfが形成されて物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL101（正レンズ）、両凸レンズL102（正レンズ）、物体側に凹面を向けた（像側に凸面を向けた）負メニスカスレンズL103（負レンズ）を配置して構成した。また、第2レンズ群RLは物体側から順に、物体側

に凹面を向けた（像側に凸面を向けた）正メニスカスレンズ L104（正レンズ）と両凹レンズ L105（負レンズ）との貼り合わせからなる接合負レンズを配置して構成した。

【0051】

下の表 2 に、本第 1 実施例における各レンズの諸元を示す。表 2 における面番号 1～10 は本発明のフロントテレコンバーターレンズ TC に関するものであり、それぞれ図 2 における符号 1～10 に対応する。また、表 2 における面番号 11～39 は撮影レンズ ML に関するものであり、それぞれ図 3 における符号 11～39 に対応する。また、表 2 における r はレンズ面の曲率半径（非球面の場合には頂点曲率半径）を、 d はレンズ面の間隔を、 $n(d)$ は d 線に対する屈折率を、 $n(g)$ は g 線に対する屈折率を、 $n(C)$ は C 線に対する屈折率を、 $n(F)$ は F 線に対する屈折率をそれぞれ示している。なお、表 2 において、非球面形状に形成されたレンズ面には、面番号の右側に * 印を付している。また、非球面係数 C_n ($n=2, 4, 6, 8, 10$) において「E-09」等は「 $\times 10^{-9}$ 」等を示す。以上の表 2 の記号の説明は、以降の実施例の表においても同様である。

【0052】

本実施例では、フロントテレコンバーターレンズ TC における面番号 2 及び 3 に相当する面が回折光学面 Gf に相当し、したがってレンズ L101 が回折光学面を有するレンズ素子（回折光学素子）に相当する。ここで、回折光学面 Gf が形成されるレンズ素子 L101 の材料にはアッベ数が 23.8 のものを採用した。また、第 1 レンズ群 FL の最も物体側に位置するレンズ面はレンズ L101 の物体側レンズ面（面番号 1）に相当し、その有効径が式（1）における ϕF に相当する。また、第 2 レンズ群 RL の最も像側に位置するレンズ面はレンズ L105 の像側レンズ面（面番号 10）に相当し、その有効径が式（1）及び式（2）における ϕR に相当する。

【0053】

図 8 は本第 1 実施例及び後述の第 2 実施例において用いられる撮影レンズ ML 単体の諸収差図を示している。この図から分かるように、本発明のフロントテレ

コンバータレンズを装着する前の撮影レンズMLはその単体において諸収差が良好に補正されており、優れた結像性能を有していることが分かる。

【0054】

【表2】

(フロントテレコンバータレンズ)

面番号	r	d	n (d)	n (g)	n (C)	n (F)
1	98.00000	8.55057	1.516800	1.526703	1.514322	1.522384
2	458.80000	0.00000	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄
3*	458.80000	0.20000	1.000000			
4	94.92662	12.51787	1.497000	1.504510	1.495140	1.501230
5	-218.68467	0.88109	1.000000			
6	-222.63964	2.50000	1.846660	1.894190	1.836490	1.872100
7	-1693.40650	40.92394	1.000000			
8	-268.34918	4.87330	1.846660	1.894190	1.836490	1.872100
9	-55.70895	2.00000	1.772500	1.791970	1.767800	1.783370
10	51.84267	5.55324	1.000000			

(撮影レンズ)

面番号	r	d	n (d)	n (g)	n (C)	n (F)
11	112.43514	1.30000	1.846660	1.894190	1.836490	1.872090
12	46.60400	4.10000	1.788000	1.808880	1.783000	1.799630
13	-1133.28930	0.10000	1.000000			
14	33.85568	3.15000	1.497820	1.505265	1.495980	1.502013
15	95.74872	30.94475	1.000000			
16	108.30760	1.20000	1.804000	1.825700	1.798820	1.816080
17	10.00677	4.30000	1.000000			
18	-29.02213	0.90000	1.729160	1.745700	1.725100	1.738440
19	21.56970	1.70000	1.846660	1.894190	1.836490	1.872090
20	36.04176	0.70000	1.000000			

21	22.21302	2.10000	1.846660	1.894190	1.836490	1.872090
22	133.93904	2.57196	1.000000			
23	∞	0.50000	1.000000		(開口絞り)	
24	19.02855	3.05000	1.497820	1.505265	1.495980	1.502013
25	-26.30218	0.20000	1.000000			
26	14.46962	4.90000	1.757000	1.776870	1.752230	1.768060
27	43.28420	0.75000	1.000000			
28	-27.13969	0.90000	1.688930	1.717970	1.682500	1.704660
29	15.23852	1.40850	1.000000			
30	28.73630	0.90000	1.834810	1.859530	1.828970	1.848510
31	10.13030	3.85000	1.518230	1.529150	1.515560	1.524350
32	-21.21893	24.45608	1.000000			
33	27.67335	3.00000	1.804000	1.825700	1.798820	1.816080
34	-78.34600	1.00000	1.846660	1.894190	1.836490	1.872090
35	103.67959	5.56357	1.000000			
36	∞	2.76000	1.516330	1.526210	1.513860	1.521900
37	∞	2.47000	1.000000			
38	∞	0.50000	1.516330	1.526210	1.513860	1.521900
39	∞	1.27448	1.000000			

(回折光学素子データ)

第 2 面

$$n(d) = 10001.0000 = n_1 \quad n(g) = 7418.6853 = n_2$$

$$n(C) = 11170.4255 = n_3 \quad n(F) = 8274.7311 = n_4$$

(非球面データ)

第 3 面

$$\kappa = 1.0000 \quad C_2 = -2.5000E-09$$

$$C_4 = -1.0000E-13 \quad C_6 = 0.0000E+00$$

$$C_8 = 0.0000E+00 \quad C_{10} = 0.0000E+00$$

(条件対応値)

$$f F = 118.85445$$

$$f d = 236.45959$$

$$\phi F = 67.39$$

$$\phi R = 28.60$$

$$D F R = 40.92394$$

$$L = 72.44676$$

$$M \text{ (アフォーカル倍率)} = 1.999$$

$$(1) \phi F / \phi R = 2.35629$$

$$(2) \phi R / f d = 0.12095$$

$$(3) f F / D F R = 2.90428$$

$$(4) f d / L = 3.26399$$

$$(5) n d = 1.77250$$

【 0 0 5 5 】

このように本実施例では、上記条件式 (1), (2), (3), (4), (5) は全て満たされることが分かる。また、本実施例では、最大像高に至る光線で、開口絞り P 8 の中心を通る光線 (主光線) が面の法線となす角度 (光線入射角) は、面番号 2 に相当する面が最も光線入射角が小さくなっており (3.79470°)、したがってこの面に回折光学面 G f が設けられている (レンズ L 1 0 1 が回折光学素子となっている)。

【 0 0 5 6 】

また、図 4 は第 1 実施例における光学系の諸収差図である。各収差図において F N O は F ナンバーを、Y は像高を、D は d 線を、G は g 線を、C は C 線を、F は F 線をそれぞれ示している。また、球面収差図では最大口径に対応する F ナンバーの値を、非点収差図、歪曲収差図では像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。更に、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。以上の収差図の説明

は、以降の他の収差図についても同様である。各収差図から明らかなように、本第1実施例では諸収差が良好に補正されており、合成光学系（フロントテレコンバーターレンズTC＋撮影レンズML）全体において、優れた結像性能が確保されていることが分かる。

【0057】

（第2実施例）

図5に、本発明の第2実施例に係るフロントテレコンバーターレンズと撮影レンズとからなる合成光学系のレンズ構成を示す。また、図6はこの合成光学系におけるフロントテレコンバーターレンズ単体の構成を示す。本第2実施例における本発明のフロントテレコンバーターレンズTCは、図5及び図6に示すように、正の屈折力を有する第1レンズ群FLと負の屈曲力を有する第2レンズ群RLとからなり、第1レンズ群FLは物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL201（負レンズ）と像側の面に回折光学面Gfが形成された両凸レンズL202（正レンズ）との貼り合わせからなる貼り合わせ接合正レンズを配置して構成した。また、第2レンズ群RLは物体側から順に、物体側に凹面を向けた（像側に凸面を向けた）正メニスカスレンズL203（正レンズ）と両凹レンズL204（負レンズ）との貼り合わせからなる接合負レンズを配置して構成した。また、撮影レンズは第1実施例における撮影レンズMLと同じとした（図3参照）。

【0058】

下の表3に、本第2実施例における各レンズの諸元を示す。表3における面番号1～7は本発明のフロントテレコンバーターレンズTCに関するものであり、それぞれ図6における符号1～7に対応する。撮影レンズMLは前述のように第1実施例に用いたものと同じであるので、その諸元の表記はここでは省略する。

【0059】

本実施例では、フロントテレコンバーターレンズTCにおける面番号3及び4に相当する面が回折光学面Gfに相当し、したがってレンズL202が回折光学面を有するレンズ素子（回折光学素子）に相当する。ここで、回折光学面Gfが形成されるレンズ素子L202の材料にはアッペ数が26.3のものを採用した

。また、第 1 レンズ群 F L の最も物体側に位置するレンズ面はレンズ L 2 0 1 の物体側レンズ面（面番号 1）に相当し、その有効径が式（1）における ϕF に相当する。また、第 2 レンズ群 R L の最も像側に位置するレンズ面はレンズ L 2 0 4 の像側レンズ面（面番号 7）に相当し、その有効径が式（1）及び式（2）における ϕR に相当する。

【0 0 6 0】

【表 3】

（フロントテレコンバーターレンズ）

面番号	r	d	n (d)	n (g)	n (C)	n (F)
1	69.68718	2.50000	1.784700	1.824280	1.776130	1.805970
2	49.99323	12.30000	1.539960	1.551220	1.537190	1.546270
3*	-374.65414	0.00000	n_1	n_2	n_3	n_4
4	-374.65414	33.30000	1.000000			
5	-115.96368	4.00000	1.805180	1.847290	1.796110	1.827770
6	-53.52406	2.00000	1.734000	1.751760	1.729680	1.743940
7	117.34088	3.90000	1.000000			

（回折光学素子データ）

第 3 面

$$\begin{aligned} n(d) &= 10001.0000 = n_1 & n(g) &= 7418.6853 = n_2 \\ n(C) &= 11170.4255 = n_3 & n(F) &= 8274.7311 = n_4 \end{aligned}$$

（非球面データ）

第 3 面

$$\begin{aligned} \kappa &= 1.0000 & C_2 &= 2.77430E-09 \\ C_4 &= 0.00000E+00 & C_6 &= 0.00000E+00 \\ C_8 &= 0.00000E+00 & C_{10} &= 0.00000E+00 \end{aligned}$$

（条件対応値）

$$f F = 127.58094$$

$$f d = 127.58094$$

$$\phi F = 51.22$$

$$\phi R = 28.70$$

$$D F R = 33.3$$

$$L = 54.1$$

$$M \text{ (アフォーカル倍率)} = 1.515$$

$$(1) \phi F / \phi R = 1.78467$$

$$(2) \phi R / f d = 0.22496$$

$$(3) f F / D F R = 3.83126$$

$$(4) f d / L = 2.35824$$

$$(5) n d = 1.73400$$

【 0 0 6 1 】

このように本実施例では、上記条件式 (1) , (2) , (3) , (4) , (5) は全て満たされることが分かる。また、本実施例では、最大像高に至る光線で、開口絞り P 8 の中心を通る光線 (主光線) が面の法線となす角度 (光線入射角) は、面番号 3 に相当する面が最も光線入射角が小さくなっており (9.96842°) 、したがってこの面に回折光学面 G f が設けられている (レンズ L 2 0 2 が回折光学素子となっている) 。

【 0 0 6 2 】

また、図 7 は第 2 実施例における光学系の諸収差図である。各収差図から明らかなように、本第 1 実施例では諸収差が良好に補正されており、合成光学系 (フロントテレコンバーターレンズ T C + 撮影レンズ M L) 全体において、優れた結像性能が確保されていることが分かる。

【 0 0 6 3 】

以上の実施例からも分かるように、本発明に係るフロントテレコンバーターレンズは、コンパクトな構成でありながら収差発生が少なく、優れた結像性能を有している。したがって、このフロントテレコンバーターレンズを、例えばデジタルスチルカメラの物体側に装着して用いれば、実用に十分な望遠化機能を得るこ

とができる。なお、上述の実施例では、回折光学面 Gf は第 1 レンズ群 FL を構成するレンズに設けられていたが、これは第 2 レンズ群 RL を構成するレンズに設けるようにしてもよい。また、上述の実施例では、回折光学面はフロントテレコンバーターレンズを構成するレンズ面の一つに設けられていたが、これは一例であり、回折光学面を複数のレンズ面に設けるようにしてもよい。

【0064】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るフロントワイドコンバーターレンズによれば、コンパクトな構成でありながら収差発生を少なくして、優れた結像性能を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 実施例に係るフロントテレコンバーターレンズと撮影レンズとからなる合成光学系のレンズ構成を示す図である。

【図 2】

第 1 実施例に係る合成光学系のフロントテレコンバーターレンズ単体のレンズ構成図である。

【図 3】

第 1 及び第 2 実施例に係る合成光学系の撮影レンズ単体のレンズ構成図である。

【図 4】

第 1 実施例における合成光学系の諸収差図である。

【図 5】

本発明の第 2 実施例に係るフロントテレコンバーターレンズと撮影レンズとからなる合成光学系のレンズ構成を示す図である。

【図 6】

第 2 実施例に係る合成光学系のフロントテレコンバーターレンズ単体のレンズ構成図である。

【図 7】

第2実施例における合成光学系の諸収差図である。

【図8】

第1及び第2実施例における撮影レンズ単体の諸収差図である。

【図9】

フレネルゾーンプレートの一例を示しており、(A)は平面図、(B)は(A)における矢視B-Bから見た断面図である。

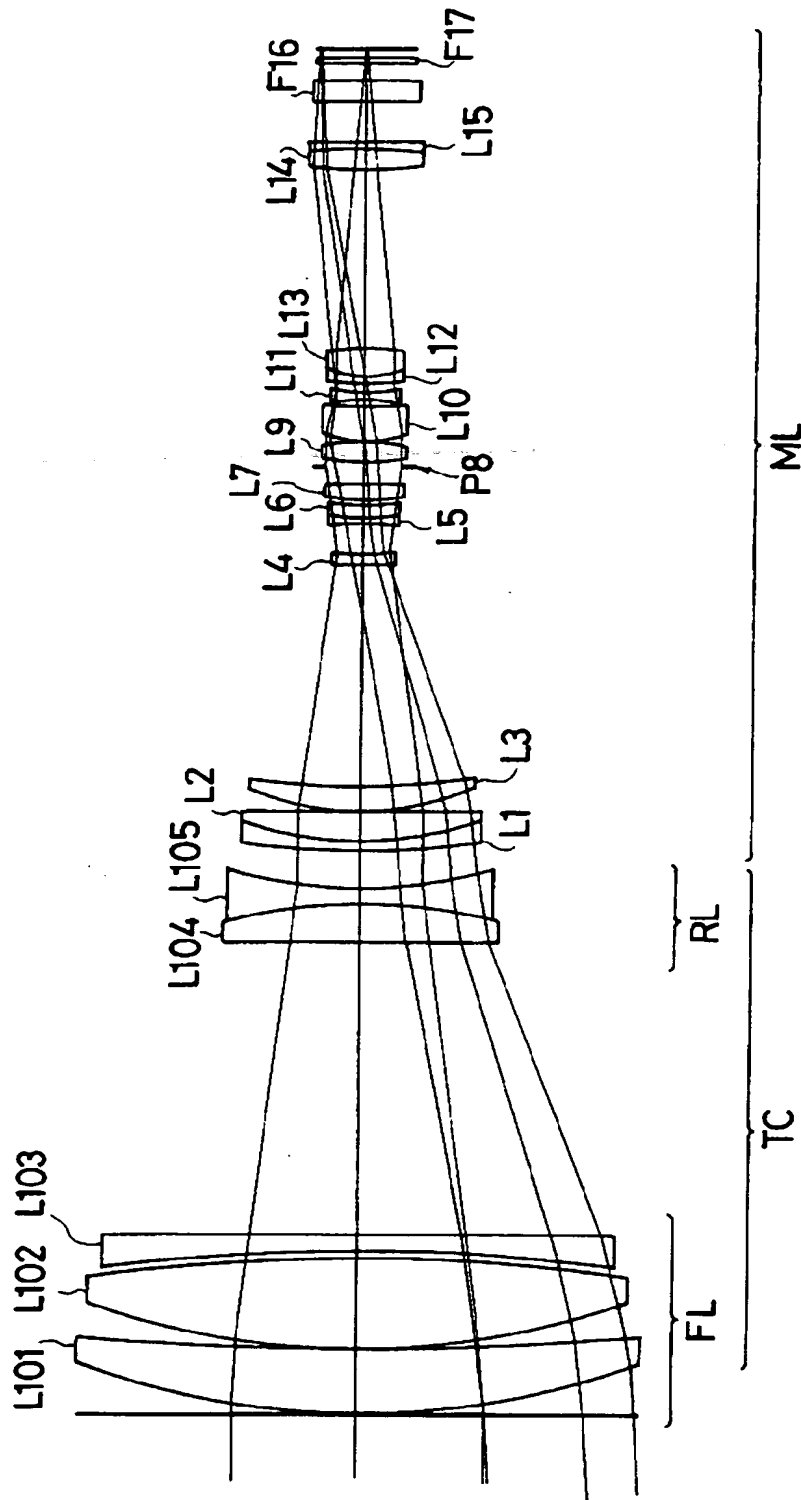
【符号の説明】

1	フレネルゾーンプレート
TC	フロントテレコンバーターレンズ
FL	第1レンズ群
Gf	回折光学面
RL	第2レンズ群
ML	撮影レンズ

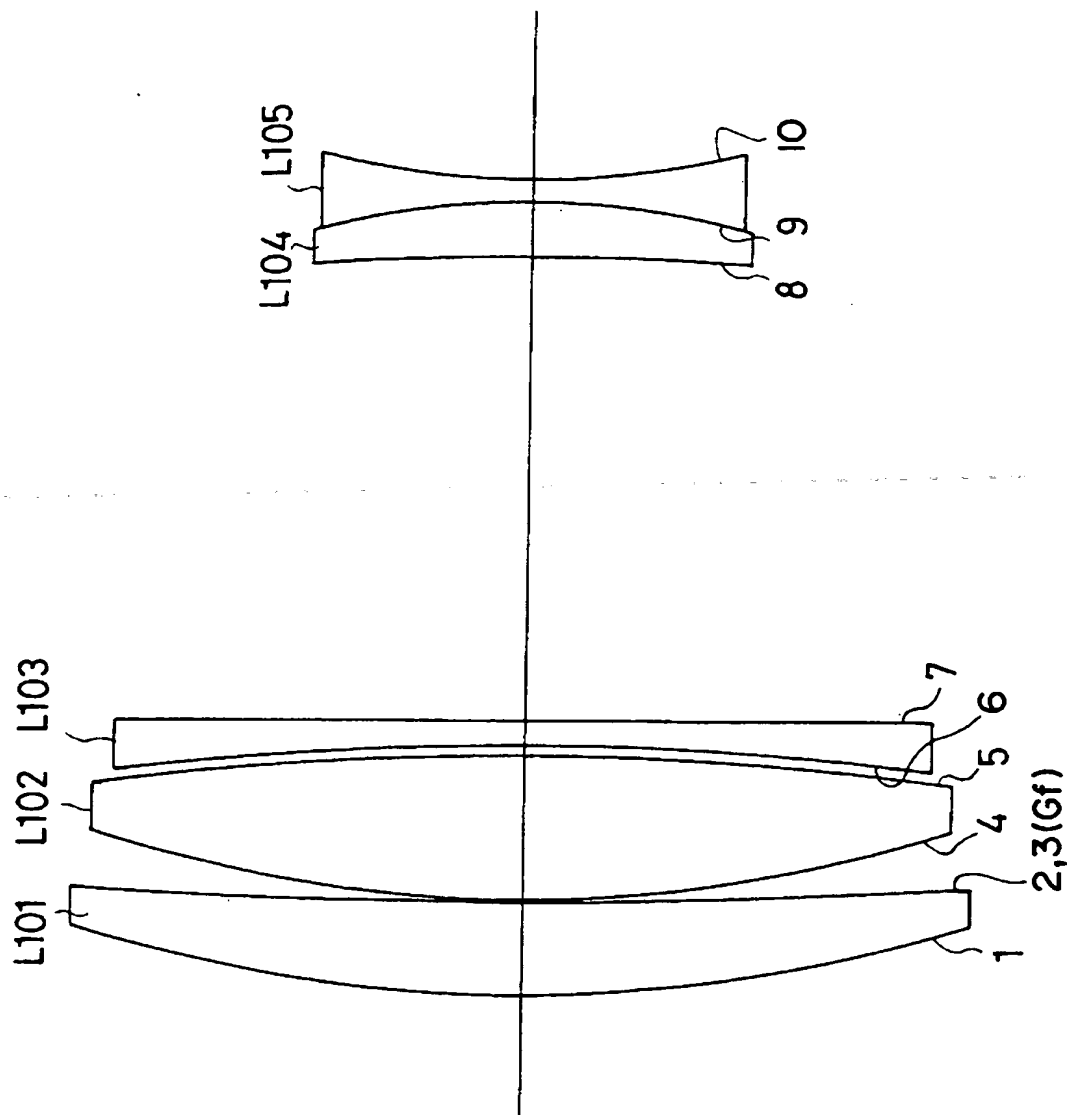
【書類名】

図面

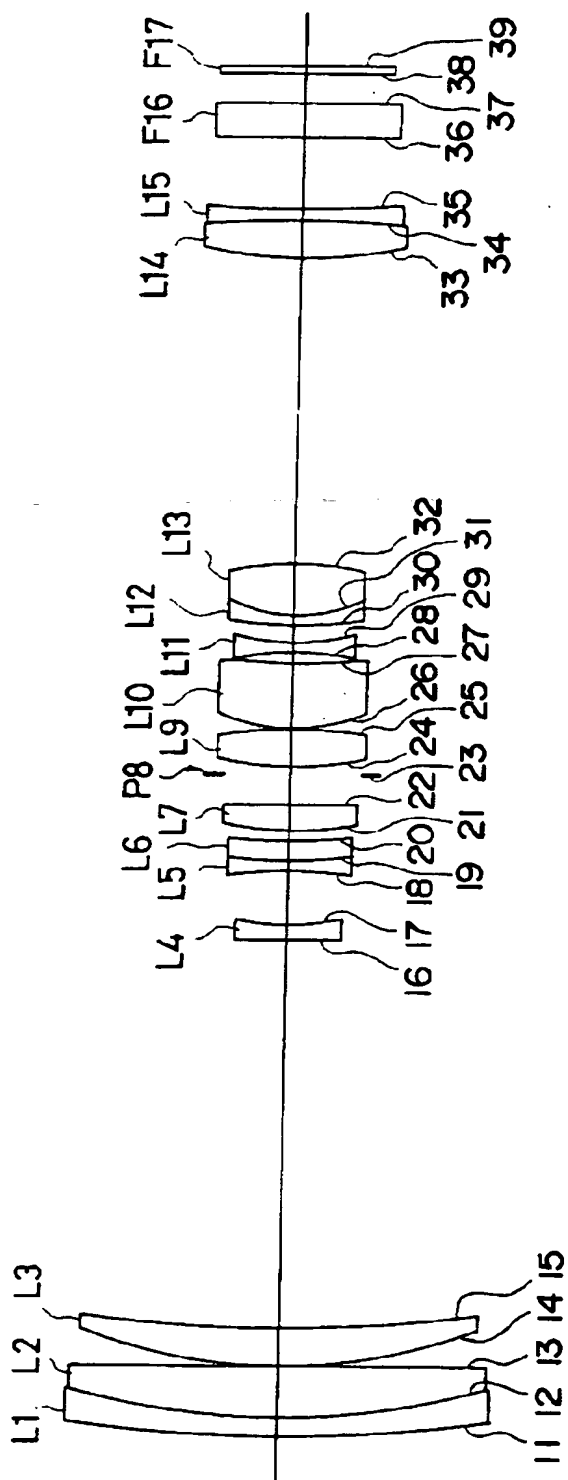
【図 1】



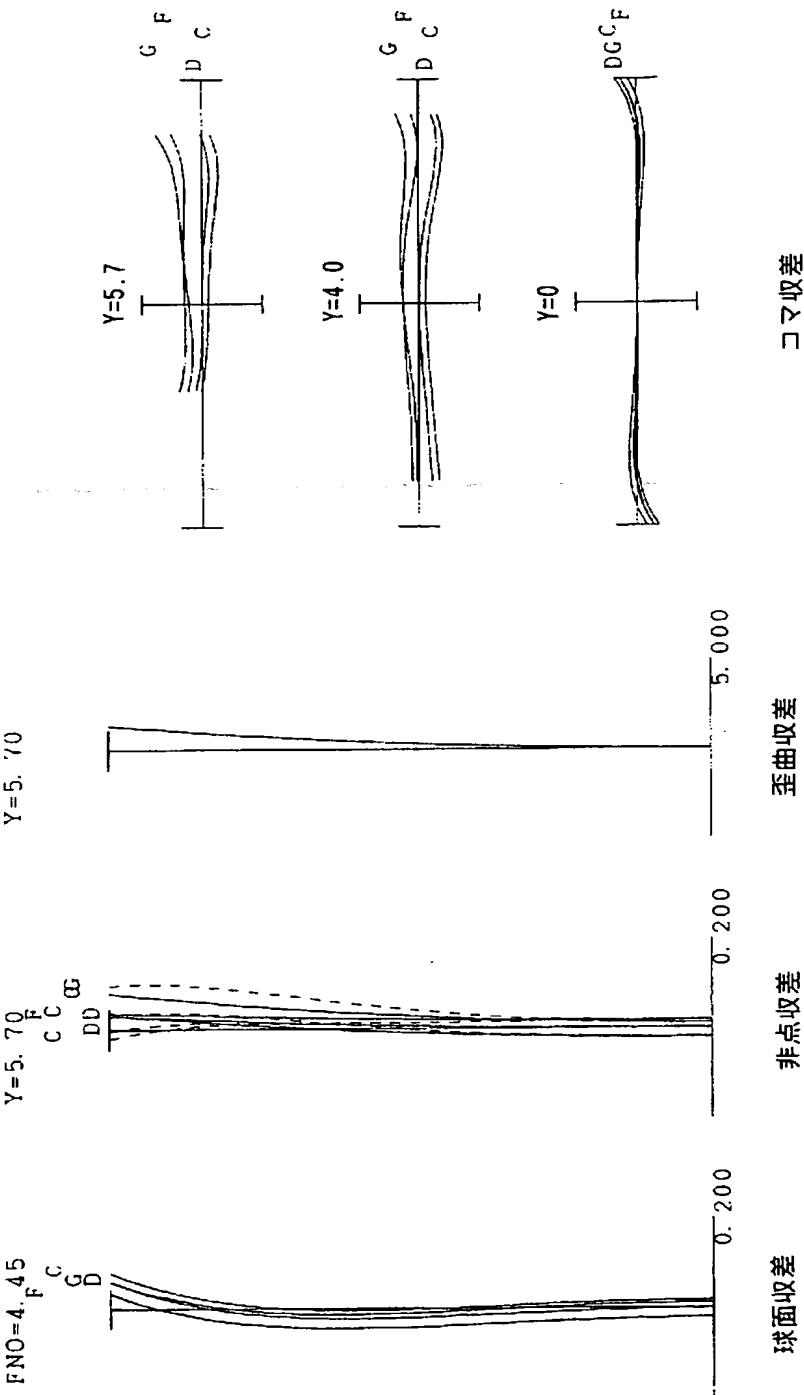
【図 2】



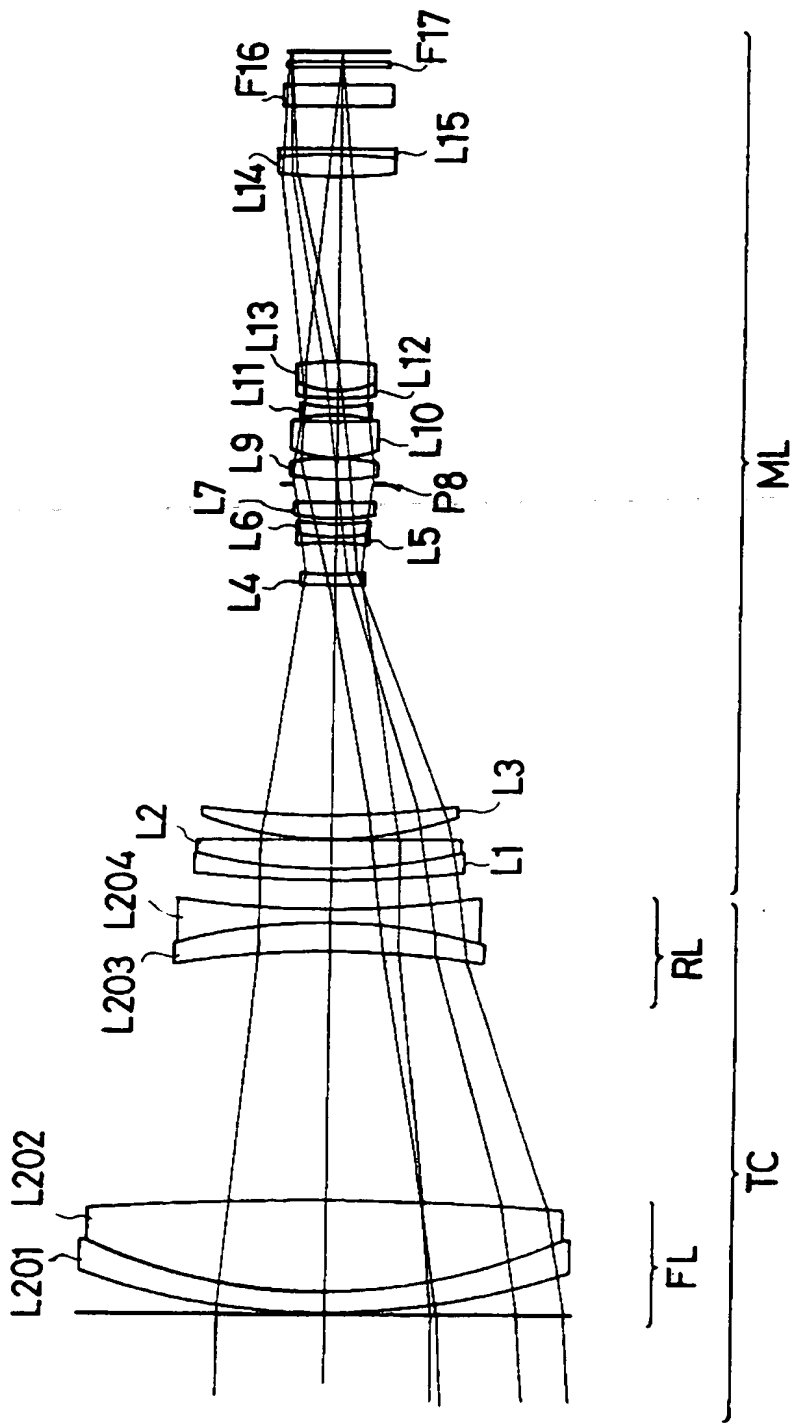
【図 3】



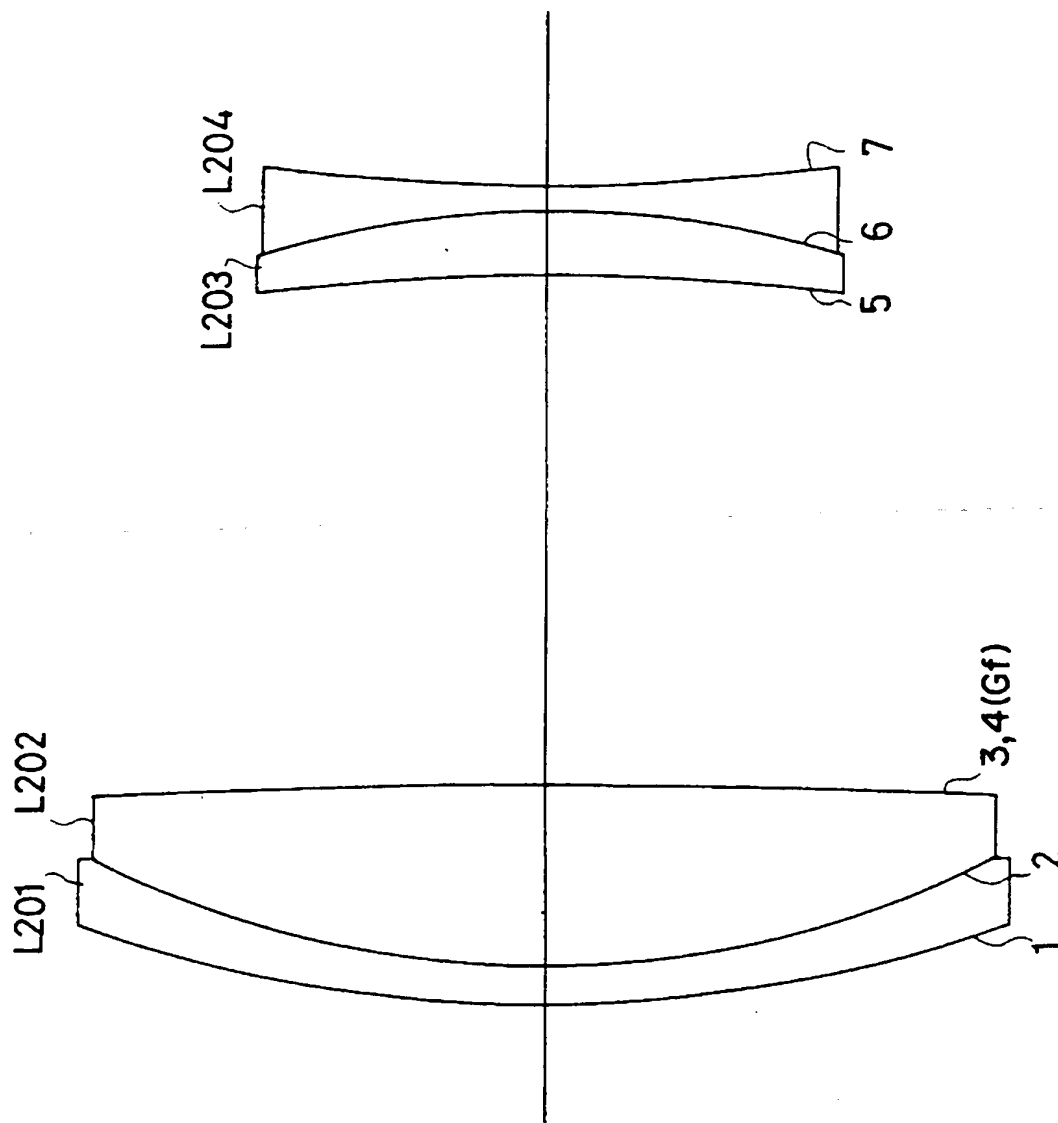
【図 4】



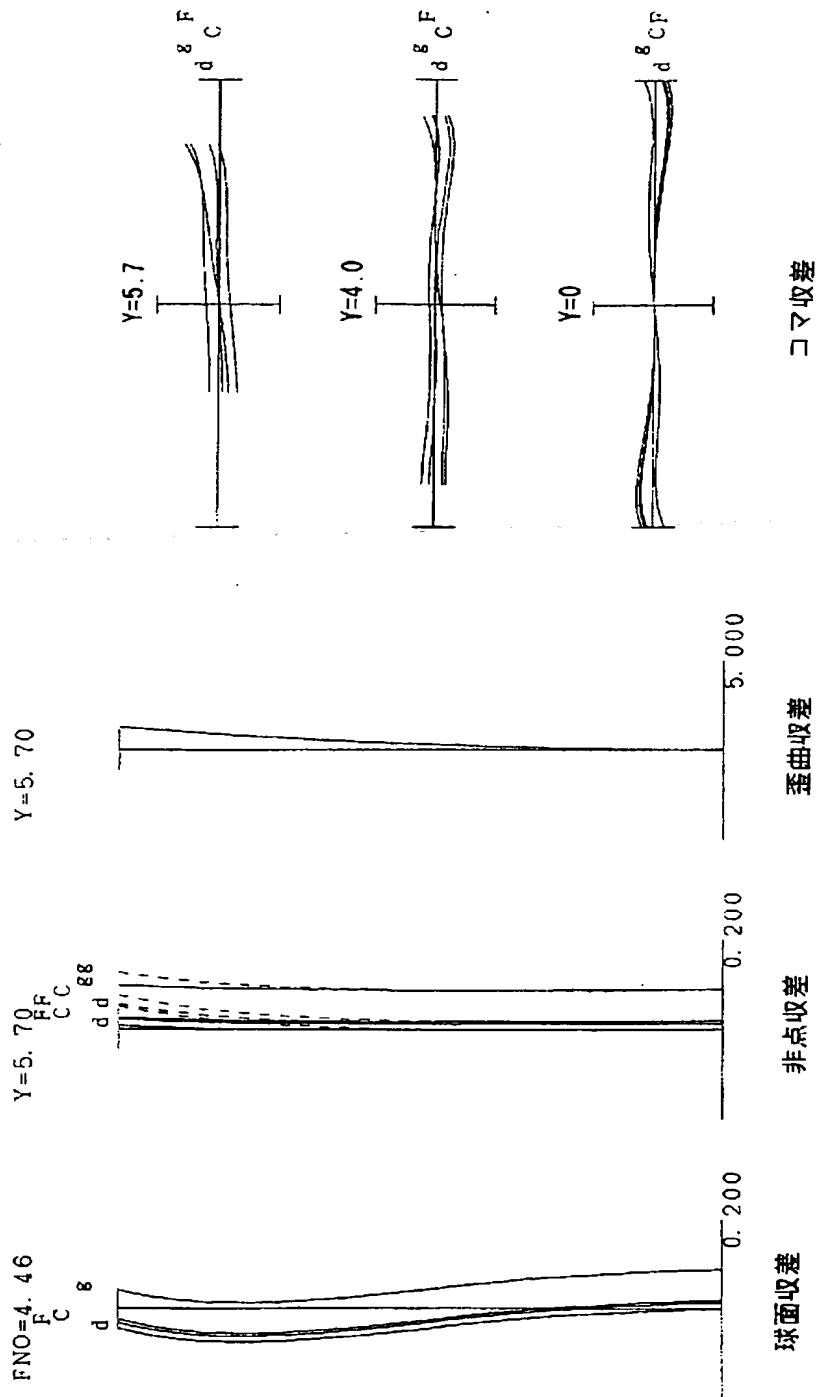
【図 5】



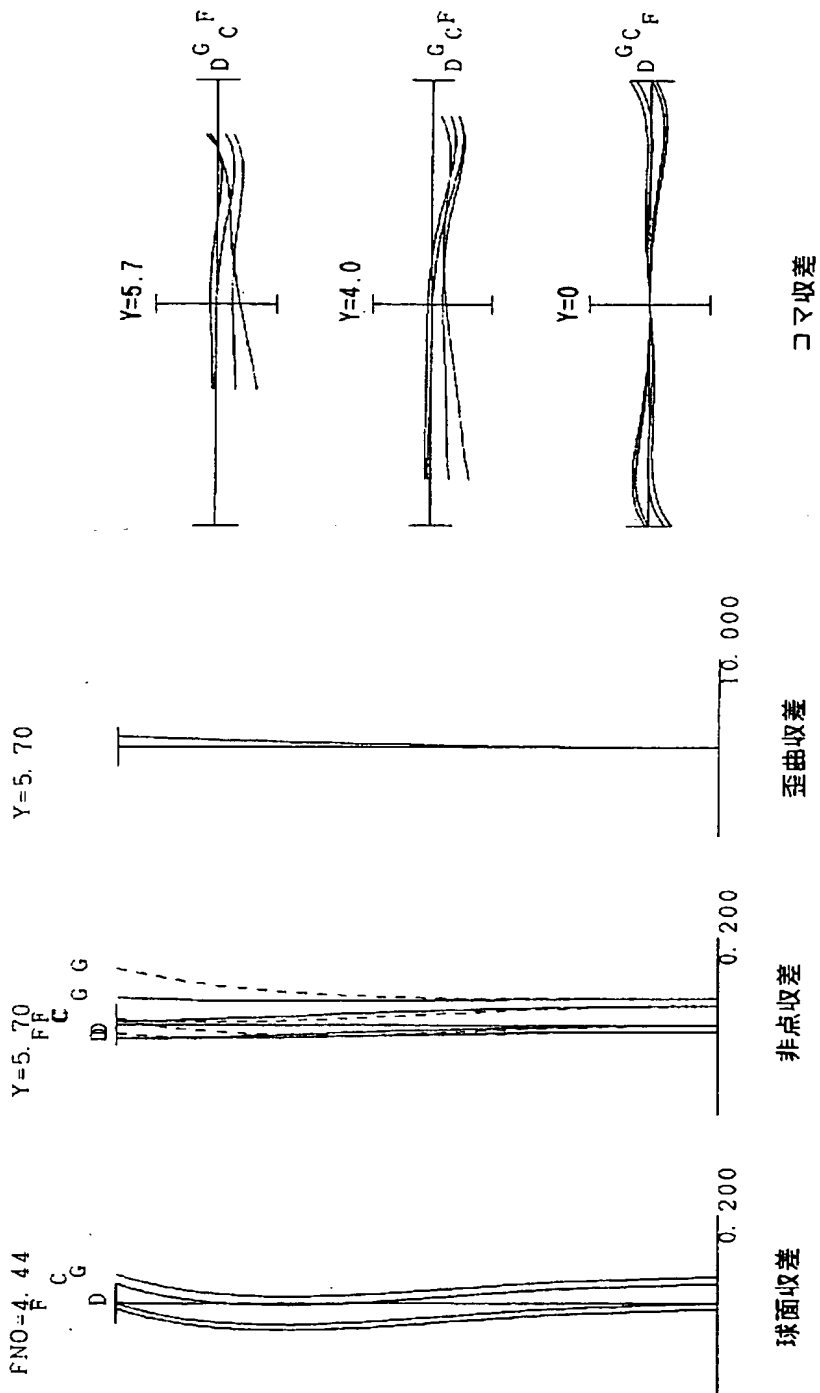
【図 6】



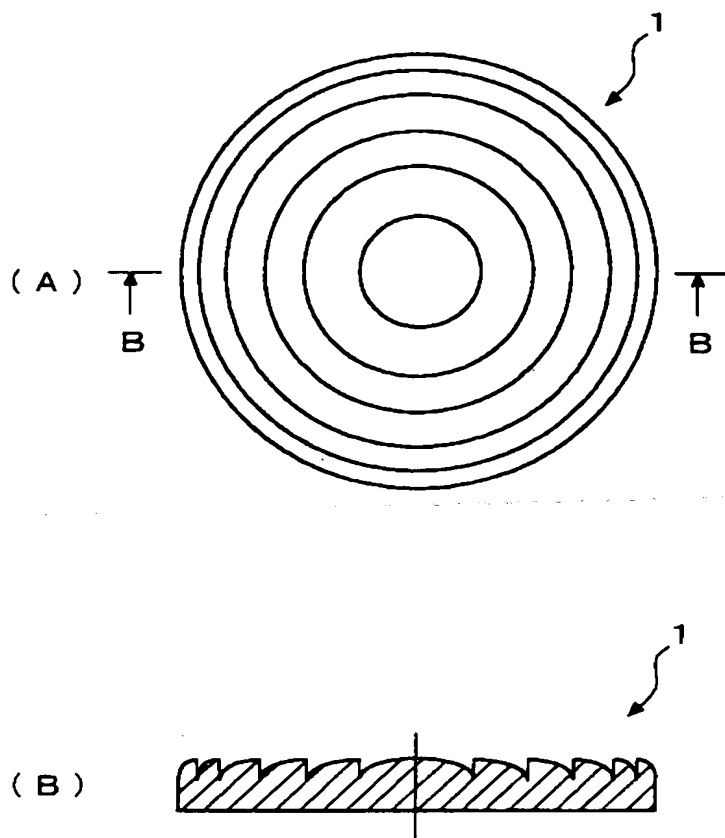
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 コンパクトな構成でありながら収差発生が少なく、優れた結像性能を有したフロントテレコンバーターレンズを提供する。

【解決手段】 物体側から順に正の屈折力を有する第1レンズ群FLと負の屈折力を有する第2レンズ群RLとを備えてアフォーカル光学系を構成する。第1レンズ群FL（及び第2レンズ群RLの少なくとも一方）には回折光学面Gfが設けられ、第1レンズ群FLの最も物体側に位置するレンズ面L101の有効径を ϕF とし、第2レンズ群RLの最も像側に位置するレンズ面L105の有効径を ϕR としたときに、 $1.2 < \phi F / \phi R < 10$ の条件を満足するようにレンズ等各部材の諸元が設定される。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 2 - 3 7 2 4 7 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 1 1 2]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

氏 名

株式会社ニコン